

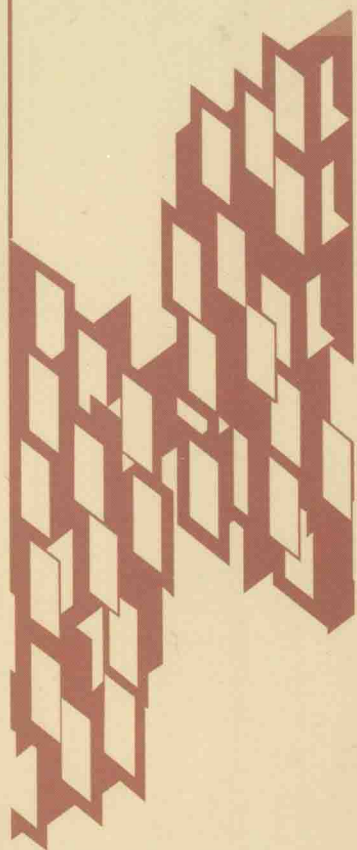
新世纪土木工程专业系列教材



土木工程概论

TUMU GONGCHENG GAILUN

邱洪兴 编著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

新世纪土木工程专业系列教材

土木工程概论

邱洪兴 编著

东南大学出版社

· 南京 ·

内 容 提 要

全书系统、概要地介绍了土木工程的范围和所涉及的科学技术,分三个模块:第一模块“土木工程技术基础”,包括工程力学(固体力学、流体力学和土力学)、工程材料和工程结构等3章;第二模块“土木工程种类”,包括建筑工程、桥梁工程、地下工程、道路工程和水工程等5章;第三模块“工程项目全寿命周期”,包括项目论证、工程勘察设计、工程施工、项目运行维护等4章。每章设有启发性思考题,书后列有开放式研讨题。

本书可以用作高等学校土木类专业新生导论课和其他专业公选课教材,也可供非土木类专业毕业的工程技术人员了解土木工程之用。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论/邱洪兴编著. —南京:东南大学出版社, 2015. 8

新世纪土木工程专业系列教材

ISBN 978-7-5641-5943-6

I. ①土… II. ①邱… III. ①土木工程—高等学校—教材 IV. ①TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 169971 号

土木工程概论

出版发行 东南大学出版社
社 址 南京市四牌楼2号 邮编:210096
出版人 江建中
网 址 <http://www.seupress.com>
电子邮箱 press@seupress.com
经 销 全国各地新华书店
印 刷 南京京新印刷厂
版 次 2015年8月第1版
印 次 2015年8月第1次印刷
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 18.5
字 数 450千
书 号 ISBN 978-7-5641-5943-6
定 价 35.00元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025-83791830

前 言

1987年东南大学土木工程系首次对全系的“工业与民用建筑”、“公路与城市道路”、“建筑材料”和“交通工程”等四个本科专业开设“土木工程概论”课程,两年后的1989年丁大钧教授和蒋永生教授出版了该课程全国首本教材。1998年7月教育部正式颁布《普通高等学校本科专业目录》、恢复“土木工程”专业后,全国高校普遍将“土木工程概论”列为土木工程专业的必修课程。

相对专业的其他课程,这是一门“年轻”的课程,课程内容体系尚不成熟。编者1989年首次面向非土木工程专业的学生讲授“土木工程概论”课程,1999年后连续为土木工程专业新生讲授该课程,2009年后又作为学科导论公选课面向全校新生开设。在近二十届的讲授过程中逐渐将课程内容体系固定下来。

本教材根据目前东南大学“土木工程概论”课程教学大纲编写,以土木工程的两层含义——工程设施和涉及的科学技术作为纵、横向构架,以土木工程的技术基础作为支柱,组成相互关联的立体知识框架,对后续课程进一步的学习起导航作用。全书由三大模块构成:第一模块“土木工程技术基础”,包括工程力学(含固体力学、流体力学和土力学)、工程材料和工程结构等三章,以土木工程的基本构件为纽带,将工程结构与工程结构的理论基础——工程力学、物质基础——工程材料有机地结合在一起,为读者超越公众认识水平理解土木工程内涵提供必要的基础,能看出些“门道”,而不光是看“热闹”;第二模块“土木工程种类”,包括建筑工程、桥梁工程、地下工程、道路工程和水工程等五章,介绍各类工程设施的使用功能以及功能实现的有效途径,以结构形态为主线将各类土木工程贯穿起来,体会不同结构形态的受力特性;第三模块“工程项目全寿命周期”,包括项目论证、工程勘察设计、工程施工、项目运行维护等四章,以项目的时间顺序为主线,将土木工程的各项工作任务贯通起来,了解每部分工作的基本方法和所涉及的科学技术。教材最后一章为有意进入土木工程专业学习的读者介绍了专业的基本情况。

全书由邱洪兴编写,力求通俗易懂、简明扼要。每章设有启发性思考题(“*”表示重点题目),帮助对教材内容的理解;书后列有开放式研讨题,鼓励读者通过收集资料,围绕某个专题发表自己的观点。

东南大学李爱群教授承担了本书的审稿工作,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

邱洪兴

2014年12月于六朝松

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 土木工程的概念	(1)
1.1.1 名称的由来	(1)
1.1.2 英文含义	(2)
1.1.3 学科定义	(2)
1.1.4 土木工程的种类	(2)
1.1.5 建设项目的全寿命周期	(3)
1.2 土木工程历史简述	(3)
1.2.1 古代土木工程	(4)
1.2.2 近代土木工程	(7)
1.2.3 现代土木工程的特点	(10)
1.3 学习建议	(11)
1.3.1 关注工程需求、思考工程问题	(11)
1.3.2 依托体系框架、自我丰富知识	(11)
1.3.3 培养工程兴趣、开展课程研讨	(11)
第 2 章 工程力学	(13)
2.1 固体力学的基本概念	(13)
2.1.1 力与力矩	(13)
2.1.2 力偶	(14)
2.1.3 主动力与约束反力	(14)
2.1.4 支座	(15)
2.1.5 外力与内力	(16)
2.1.6 变形与位移	(17)
2.1.7 应力与应变	(17)
2.1.8 应变能	(21)
2.2 流体力学的基本概念	(22)
2.2.1 液体的主要物理性质	(22)
2.2.2 静水压力	(23)
2.2.3 动水压力	(25)
2.3 土的工程性能	(28)
2.3.1 土的三相比例指标	(28)
2.3.2 黏性土	(30)
2.3.3 砂土	(31)
2.3.4 其他种类岩土	(31)

2.3.5	土的力学性能	(32)
2.4	土的工程问题	(37)
2.4.1	地基沉降	(37)
2.4.2	地基承载力	(37)
2.4.3	土坡稳定	(38)
2.4.4	土侧压力	(39)
第3章	工程结构	(43)
3.1	构件的基本受力状态	(43)
3.1.1	轴向拉伸与压缩	(43)
3.1.2	弯曲	(44)
3.1.3	扭转	(46)
3.1.4	剪切	(48)
3.1.5	不同受力状态的比较	(48)
3.2	土木工程的基本构件	(49)
3.2.1	杆	(49)
3.2.2	梁	(49)
3.2.3	柱	(53)
3.2.4	拱	(55)
3.2.5	索	(58)
3.2.6	墙	(59)
3.2.7	板	(59)
3.2.8	壳	(60)
3.2.9	膜	(60)
3.2.10	管	(60)
3.3	基础结构类型	(61)
3.3.1	浅基础	(61)
3.3.2	深基础	(63)
3.4	工程结构的基本力学问题	(64)
3.4.1	强度要求	(64)
3.4.2	刚度要求	(65)
3.4.3	稳定要求	(65)
3.5	工程结构的荷载	(66)
3.5.1	荷载种类	(66)
3.5.2	永久荷载	(68)
3.5.3	楼面可变荷载	(68)
3.5.4	风荷载	(68)
3.5.5	车辆荷载和飞机轮载	(70)
第4章	工程材料	(76)
4.1	材料的主要性能	(76)
4.1.1	力学性能	(76)

4.1.2	物理性能	(77)
4.1.3	耐久性能	(79)
4.2	胶凝材料	(79)
4.2.1	胶凝材料种类	(79)
4.2.2	水泥	(80)
4.3	混凝土	(80)
4.3.1	集料	(81)
4.3.2	混凝土的配合比	(83)
4.3.3	混凝土拌合物的性能	(84)
4.3.4	硬化后混凝土的性能	(84)
4.3.5	素混凝土	(86)
4.3.6	钢筋混凝土	(87)
4.3.7	预应力混凝土	(87)
4.4	钢材	(89)
4.4.1	钢材种类	(89)
4.4.2	钢材主要性能	(90)
4.4.3	钢材的防护	(91)
4.4.4	钢构件的连接方式	(91)
4.5	木材	(92)
4.5.1	木材种类	(92)
4.5.2	木材的构造	(92)
4.5.3	木材主要性能	(93)
4.5.4	木材防护	(96)
4.5.5	木构件连接方式	(96)
4.6	砌体材料	(96)
4.6.1	块体种类	(96)
4.6.2	块体主要性能	(97)
第5章 建筑工程		(99)
5.1	房屋的结构组成与种类	(99)
5.1.1	房屋的结构组成	(99)
5.1.2	房屋的种类	(99)
5.2	房屋水平结构体系类型	(101)
5.2.1	梁板结构体系	(101)
5.2.2	拱结构体系	(102)
5.2.3	桁架结构体系	(103)
5.2.4	网架结构体系	(104)
5.2.5	壳体结构体系	(106)
5.2.6	索结构体系	(108)
5.2.7	膜结构体系	(111)
5.2.8	杂交结构体系	(111)

5.3	房屋竖向结构体系类型	(113)
5.3.1	框架结构体系	(113)
5.3.2	剪力墙结构体系	(114)
5.3.3	筒体结构体系	(115)
5.3.4	框架—剪力墙结构体系	(117)
5.3.5	框架—筒体结构体系	(118)
5.3.6	框架—支撑结构体系	(118)
5.3.7	转换结构体系	(119)
5.4	构筑物	(119)
5.4.1	烟囱	(119)
5.4.2	冷却塔	(120)
5.4.3	水池	(120)
5.4.4	塔桅	(121)
第6章	桥梁工程	(124)
6.1	桥梁的结构组成和种类	(124)
6.1.1	桥梁的结构组成	(124)
6.1.2	桥梁种类	(124)
6.2	桥跨结构类型	(125)
6.2.1	梁桥	(125)
6.2.2	刚架桥	(126)
6.2.3	桁架桥	(127)
6.2.4	拱桥	(127)
6.2.5	斜拉桥	(129)
6.2.6	悬索桥	(131)
6.2.7	复合结构桥	(134)
6.3	桥墩结构类型	(134)
6.3.1	重力式桥墩	(134)
6.3.2	桩柱式桥墩	(135)
6.3.3	刚架式、桁架式桥墩	(136)
第7章	地下工程	(137)
7.1	地下工程种类与特点	(137)
7.1.1	隧道	(137)
7.1.2	地下建筑	(139)
7.1.3	人防工程	(140)
7.1.4	地下工程的优缺点	(140)
7.2	隧道受力特点	(141)
7.2.1	围岩应力状态	(141)
7.2.2	围岩压力	(144)
7.3	衬砌种类	(145)
7.3.1	整体式模筑混凝土衬砌	(145)

7.3.2	装配式衬砌	(146)
7.3.3	喷锚式衬砌	(146)
7.3.4	复合式衬砌	(147)
7.4	地下工程岩土挖掘方法	(147)
7.4.1	明挖法	(147)
7.4.2	矿山法和新奥法	(148)
7.4.3	掘进机法和盾构法	(148)
7.4.4	沉管法和顶管法	(149)
第8章 道路工程		(150)
8.1	公路	(150)
8.1.1	公路种类	(150)
8.1.2	公路横断面组成	(150)
8.1.3	公路线形组成	(152)
8.1.4	线路交叉	(153)
8.1.5	高速公路记录	(155)
8.2	铁路	(155)
8.2.1	铁路分类	(155)
8.2.2	铁路线形组成	(156)
8.2.3	铁路横断面组成	(156)
8.3	机场	(158)
8.3.1	机场种类	(158)
8.3.2	机场飞行区等级	(158)
8.3.3	飞行场地的组成	(158)
8.3.4	跑道的结构组成与要求	(160)
第9章 水工程		(163)
9.1	我国水资源状况	(163)
9.1.1	水资源总量	(163)
9.1.2	水资源分布	(164)
9.1.3	用水量	(166)
9.1.4	水质状况	(167)
9.2	给水排水工程	(169)
9.2.1	给水工程	(169)
9.2.2	排水工程	(171)
9.3	水工建筑物	(173)
9.3.1	堤	(173)
9.3.2	坝	(175)
9.3.3	水闸与船闸	(177)
9.3.4	码头	(179)
第10章 项目论证		(182)
10.1	可行性研究的内容、步骤和作用	(182)

10.1.1	可行性研究的内容	(182)
10.1.2	可行性研究的步骤	(183)
10.1.3	可行性研究的作用	(183)
10.2	可行性研究的经济学基础	(184)
10.2.1	经济学研究的问题	(184)
10.2.2	需求	(185)
10.2.3	需求弹性	(185)
10.2.4	供给	(187)
10.2.5	市场均衡	(188)
10.2.6	边际效用与消费者剩余	(190)
10.3	可行性研究的方法	(191)
10.3.1	需求预测方法	(191)
10.3.2	投资效益分析方法	(194)
10.3.3	环境影响评价方法	(199)
第 11 章	工程勘察设计	(202)
11.1	工程勘察	(202)
11.1.1	工程测量	(202)
11.1.2	岩土工程勘察	(205)
11.1.3	水文勘察	(206)
11.2	工程设计种类与设计要求	(206)
11.2.1	功能与形态设计	(206)
11.2.2	土建设计	(207)
11.2.3	设备设计	(207)
11.2.4	方案设计	(207)
11.2.5	初步设计	(207)
11.2.6	施工图设计	(208)
11.2.7	设计要求	(208)
11.3	结构设计方法	(208)
11.3.1	结构的功能与可靠度	(208)
11.3.2	结构的荷载效应分析	(210)
11.3.3	结构构件的抗力	(217)
11.3.4	结构的优化	(218)
11.4	结构防灾设计	(222)
11.4.1	抗震设计	(222)
11.4.2	防火设计	(227)
第 12 章	工程施工	(229)
12.1	土石方与基础工程施工	(229)
12.1.1	内容	(229)
12.1.2	场地平整	(229)
12.1.3	基坑开挖	(229)

12.1.4	基础工程施工	(231)
12.1.5	土方填筑	(232)
12.2	主体工程施工	(232)
12.2.1	脚手架工程	(232)
12.2.2	吊装工程	(233)
12.2.3	混凝土结构工程	(235)
12.3	设备安装与装饰装修工程施工	(238)
12.3.1	设备安装	(238)
12.3.2	装饰装修工程	(239)
12.4	施工管理	(239)
12.4.1	工程招投标	(239)
12.4.2	工程预算	(240)
12.4.3	施工组织设计	(243)
12.4.4	施工准备工作	(248)
12.4.5	目标控制	(248)
12.4.6	合同管理	(250)
12.5	施工监理	(251)
12.5.1	概述	(251)
12.5.2	工程质量控制工作	(252)
12.5.3	工程造价控制工作	(252)
12.5.4	工程进度控制工作	(252)
12.5.5	施工合同管理的监理工作	(253)
第 13 章	项目运行维护	(255)
13.1	工程养护的工作内容和意义	(255)
13.1.1	工程养护的工作内容	(255)
13.1.2	工程养护的意义	(255)
13.2	需要维修加固的原因	(255)
13.2.1	环境影响	(255)
13.2.2	不当使用	(255)
13.2.3	设计缺陷	(256)
13.2.4	施工缺陷	(256)
13.2.5	超期服役	(256)
13.2.6	临时超负荷使用	(256)
13.3	常用检测方法	(256)
13.3.1	检测的种类	(256)
13.3.2	钻孔取芯法	(257)
13.3.3	回弹法	(258)
13.3.4	超声法	(258)
13.3.5	光纤法	(258)
13.4	常用维修方法	(259)

13.4.1	混凝土裂缝修补	(259)
13.4.2	钢筋阻锈	(259)
13.4.3	防渗堵漏	(259)
13.4.4	沥青路面修补	(260)
13.5	常用上部结构加固方法	(260)
13.5.1	混凝土置换加固法	(260)
13.5.2	粘贴加固法	(260)
13.5.3	增大截面加固法	(261)
13.5.4	组合构件加固法	(261)
13.6	常用地基基础加固方法	(262)
13.6.1	加固方法的种类	(262)
13.6.2	锚杆静压桩法	(263)
13.6.3	改变基础类型法	(263)
13.6.4	高压喷射注浆法	(263)
13.7	工程改造	(263)
13.7.1	增大空间面积	(264)
13.7.2	增大空间净高	(264)
13.7.3	增加建筑面积	(265)
13.7.4	移位	(265)
第 14 章	土木工程专业	(266)
14.1	专业教育的起源	(266)
14.1.1	西方工程教育的起源	(266)
14.1.2	我国工程教育的起源	(266)
14.1.3	专业名称的由来	(267)
14.2	我国土木工程专业的演变	(268)
14.2.1	民国时期	(268)
14.2.2	改革开放前	(269)
14.2.3	改革开放后	(270)
14.3	专业培养要求	(271)
14.3.1	素质要求	(271)
14.3.2	能力要求	(272)
14.3.3	知识要求	(273)
14.4	我国土木工程专业教育评估	(273)
14.4.1	专业教育评估背景	(273)
14.4.2	专业教育评估的发展历程	(275)
14.4.3	专业教育评估的标准和程序	(278)
研讨题		(281)
主要参考文献		(282)

第 1 章 绪 论

1.1 土木工程的含义

1.1.1 名称的由来

房屋是人类最早建造的人工设施。在我国,传说是有巢氏教民构木为巢、居于树上,遮风挡雨、减少疾病,防御野兽侵害。在这之前人类是野外穴居,如北京周口店的山顶洞人。

1953 年考古发现的陕西半坡遗址距今有 5 600~6 700 年,遗址大致分为 3 个区:居住区、墓葬区和制陶作坊区。居住区在聚落的中心,周围有一条人工挖掘的宽 6~8 m,深 5~6 m 的大壕沟围绕,以防止野兽侵袭,大壕沟外北边是公共墓地,东边是制陶作坊窑址群。发现的半坡类型房子有 46 座,为半地穴式建筑,每座房子在门道和居室之间都有泥土堆砌的门槛,房子中心有圆形或瓢形灶坑,周围有 1~6 个不等的柱洞,墙壁是用密集的小柱上编篱笆并涂以草拌泥做成,并经火烤以使之坚固和防潮,为“木骨泥墙”,见图 1-1 所示。



(a) 展示厅

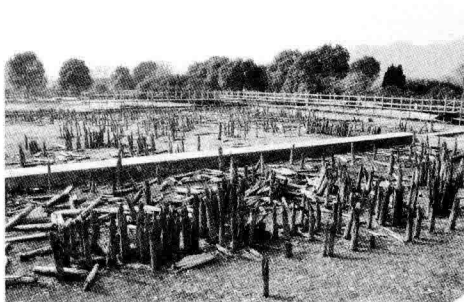


(b) 复原房屋

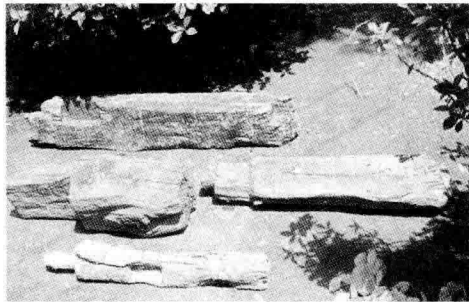
图 1-1 陕西半坡遗址

1973 年发现的浙江余姚河姆渡遗址叠压了四个文化层,第四文化层距今约 7 000~6 500 年,第三文化层距今约 6 500~6 000 年,第二文化层距今约 6 000~5 500 年,第一文化层距今约 5 500~5 000 年。该遗址发现的木构件遗迹非常丰富,共出土数千件以上,见图 1-2a 所示;考古专家推测当时的建筑形式为埋桩架板、抬高地面的干栏式长屋,木构件之间采用了榫卯连接,见图 1-2b 所示,说明对木材的使用已达到相当高的技术水准。

土作为建筑材料经历了三种形式:夯土、土坯砖和烧结砖。距今 4 000 多年前的夏朝就用夯土建造房屋和城墙,到商朝(前 1559~前 1046 年)夯土技术已非常成熟。世界上最早的土坯砖出现在西亚,距今已有 8 000 多年。根据最新的考古发现,出土于陕西蓝田县新街遗址的烧结砖距今有 5 300 年,比原来认为的历史提前了 2 000 年。



(a) 木构件



(b) 榫卯

图 1-2 河姆渡遗址

“土”(包括泥土、石灰、砂、石,属无机材料)和“木”(包括树木、茅草、藤条、竹子,属有机材料)是人类最早使用的两种建筑材料,我国把大量建造房屋称作大兴土木。

1.1.2 英文含义

土木工程的英文名称“Civil Engineering”,本意是区别于军事工程(Military Engineering)的民事工程,即服务于战争以外的工程设施,由英国发明家约翰·斯密顿(John Smeaton, 1724—1792)在 1750 年建造埃迪斯頓灯塔时首先采用。

随着人类文明的发展,人们可以建造出比单一产品更大、更复杂的产品,这些产品不再是结构或功能单一的东西,而是各种各样的所谓人造系统,于是产生了工程的概念。18 世纪的欧洲最早使用了“工程”一词,最初含义是指兵器制造、军事目的的各项劳作,后扩展到其他领域,并且逐渐发展为一门独立的学科和技艺。

1.1.3 学科定义

我国国务院学位委员会在学科简介中对土木工程学科的定义为:土木工程是建造各类工程设施的科学技术的统称,它既是指各类建造的对象,又指所涉及的科学技术。就工程设施而言,可以理解为固定在土地上的人工建造物。

要了解土木工程,需从两个方面展开:一是各类工程设施包含哪些范围,即土木工程的种类有哪些?二是建造这些工程设施涉及哪些科学技术?这需要结合建设项目的全寿命周期,即不同阶段来谈。

1.1.4 土木工程的种类

土木工程的种类包括建筑工程、桥梁工程、地下工程、道路工程和水工程。

建筑最早是为了满足人类居住、饲养家畜的需要。随着手工业的发展,家庭作坊开始从住宅中独立出来,有了生产用房的需要,特别是官府作坊,人数众多,需要大的场所;产业革命后,伴随着大规模的生产,工业厂房大量出现。随着城市的诞生,一些祭祀场所慢慢演变为公共建筑;并且有了专职管理者的办公场所——官府,特别是都城的王宫,更是建筑规模宏大。现代的建筑工程包括建筑物和构筑物两大类,前者是指为人类各种活动(生活、生产、商品交换)提供地上空间的工程设施,即房屋;后者指不具备、不包含或不提供人类活动空间的人工建造物,

如烟囪、水池等。

桥梁是为了满足人类出行跨越障碍而出现的。在陕西半坡遗址中,人们在居住地四周的壕沟上放置树干以便通行,这可能是最早的独木桥。桥梁的发展与交通工具的变革密切相关。人类在很长一段时间所使用的畜力车和人力车对桥梁的载荷要求较小,桥梁的跨度也不大,宽大的河流,人们会选择渡船;火车的出现对桥梁的载荷和跨度提出了空前的要求,推动了桥梁的发展。现代桥梁工程包含铁路桥、公路桥、公路铁路两用桥、人行桥、管道桥和渡桥(水渠跨越峡谷的设施)。

人类曾居住过天然洞穴,洞穴作为居住地一直没有中断过。人工建造窑洞作为住处的历史可以追溯到4000年前的夏朝,这是对黄土高原特殊地理环境的巧妙利用,是最早的地下工程。现代地下工程包含地下建筑、隧道和人防工程。

单是人行走并不需要兴建路,“路是人走出来的”。道路是伴随着车的发明而出现的,车的使用需要一定的宽度和平整度的路。现代道路工程包含行驶汽车的公路、行驶火车的铁路和供飞机起飞、降落的跑道。

水是生命之源,人类为了便利地获取水,逐水而居,而洪水是必须面对的自然灾害。所以人类很早就开始修建水利设施、兴利避害。夏禹因治水13年取得大功,获得舜帝禅位,开启了夏朝。现代水工程包含给水排水工程、防洪工程、农田水利工程、水电工程、航运工程。

1.1.5 建设项目的全寿命周期

工程设施从构思、兴建到废弃的全过程称为项目的全寿命周期,它包括项目论证、工程勘察设计、工程施工、项目运行维护四个阶段。

项目论证是指通过分析、比较,确定某个项目是否兴建以及如何兴建,它需要回答四个问题:技术是否可行、经济是否合理、政策是否允许、环境是否可能。

这四个问题涉及现代工程技术人员的知识结构:回答项目是否技术可行,对工程技术人员而言是“会不会做”的问题,这要求具有解决工程技术问题的能力,具备工程科学基础、技术基础和专业基础方面的知识;经济合理涉及“值不值得做”的问题,要求具备经济评判的能力,具有经济、金融、财政方面的基础知识;政策允许涉及“能不能做”的问题,要求熟悉政策、法律、公共道德、文化习俗,具备人文社会科学知识;环境可能涉及“应不应该做”的问题,要求自觉考虑生态可能性,具备环境科学、生态学的知识。

因为土木工程是固定在土地上的,所以必须查明、分析、评价建设场地的地质、地理、环境特征和岩土工程条件,称之为工程勘察;工程设计是要确定工程使用功能得以实现的有效途径。

工程施工是要将设计蓝图变成工程现实,它是组织人员使用物资与机械按一定方法将工程材料转变成工程实体的过程,涉及技术与管理两个方面。

工程设计是对工程服役期状态的一种预期,工程项目投入使用后的实际情况如何需要时时观察,及时发现问题、消除故障,才能保证其正常使用。

1.2 土木工程历史简述

通过对典型工程的解剖,了解土木工程的发展轨迹和材料、设计理论、施工技术这三大要素所起的作用,体会人与自然关系的演变过程。

1.2.1 古代土木工程

古代土木工程从新石器到 17 世纪中叶,这一时期又可以划分为萌芽阶段、形成阶段和发达阶段。

1) 萌芽阶段

萌芽阶段从土木工程的出现到公元前 3000 年。这个阶段人类最大的需求是如何在自然环境下保护自己、生存下去,所以房屋是最早出现的土木工程。除了上面提到的我国半坡遗址、河姆渡遗址外,在其他文明古国也有类似的遗址,如尼罗河流域的埃及,发现用木材或卵石做成墙基,上面造木构架,以芦苇束编墙或土坯砌墙,用密排圆木或芦苇束做屋顶的房屋。所用材料为茅草、竹子、芦苇、树枝、树皮、树叶、砾石、泥土等天然材料;建造过程采用石斧、石刀、石锛、石凿等简单的工具;当时还没有设计理论和设计方法,通过观察自然,模仿天然掩蔽物。

2) 形成阶段

形成阶段从公元前 3000 年到公元前 500 年。这一阶段在一些文明古国已相继统一了各部落、建立了王朝,如我国的夏朝(约前 2070~前 1600 年),古埃及第一王朝(约前 3200~前 2850 年)。

城市的形成特别是都城的兴建大大推动了土木工程的发展:城市聚集了大量的人口,需要兴建大批房屋;众多的人口需要更大的祭祀场所;为了显示至高无上的王权,宫殿更是规模宏大;相比村落,城市区域广大,需要设置统一的排水系统;城市无法自给自足,需要通过大量物资交换才能维持生存,这增加了对道路和桥梁的需求。

这一阶段已出现用青铜制的斧、凿、钻、锯、刀、铲以及滚木等施工工具,后来强度更高的铁制工具逐步推广,并有简单的施工机械,如桔槔等;当时已掌握采用火烧法开采石头的技术。

采用的材料有土(夯土和土坯)、木、石,开始大量使用经过烧制的瓦和砖。砖的强度远高于土,瓦抵御雨水冲刷的耐久程度也高于茅草,因而建造的房屋更加牢固、耐久。锯的发明大大提高了砍伐树木、加工木构件的效率。

根据后代文献的记载,当时已有经验总结及形象描述的土木工程著作,但未见传世。

这一阶段流传下来最负盛名的土木工程莫过于埃及金字塔,其中最大的一座胡夫金字塔,建于公元前 2700 年左右,塔高 146.59 m,底部四边每边长 230.38 m,体积 252.1 万 m^3 ,整个基地面积达 5.69 万 m^2 。估计用 230 万块、每块平均重 2.5 t 重的石灰岩砌成,见图 1-3 所示。建于公



(a) 胡夫金字塔



(b) 狮子身人面像

图 1-3 埃及金字塔

元前 2000 年的印度摩亨佐·达罗城,城市布局有条理,方格道路网主次分明,阴沟排水系统完备。

3) 发达阶段

古代发达阶段留存下来的土木工程很多,如建于公元前 590 年的雅典卫城,是希腊最杰出的古建筑群,建有雅典娜神庙和其他宗教建筑,为宗教政治的中心地,全部采用石构建筑,占地面积 4 km^2 ,见图 1-4 所示。公元前 214 年将秦、赵、燕三国北边城墙贯通的我国长城,到明朝总长度 $8\,851.8 \text{ km}$,为世界上规模最大的古代土木工程,见图 1-5 所示。



图 1-4 雅典卫城



图 1-5 中国长城

公元前 250 年蜀郡太守李冰父子组织修建的都江堰大型水利工程,包括分水鱼嘴、飞沙堰、宝瓶口等部分组成,使成都平原成为“天府之国”,至今仍在发挥着防洪灌溉的作用,见图 1-6 所示。同一时期,西门豹(前 370~前 335 年魏惠王时代)组织引漳灌邺工程,开凿了 12 条水渠;公元前 246 年(秦王嬴政元年)由韩国水工郑国花费十年主持兴建 126 km 长的郑国渠,西引泾水东注洛水,使关中地区成为“无荒年”的“沃野”之地。

建于公元前 3 世纪~2 世纪之间的古罗马城市输水道,采用拱券技术筑成隧道、石砌渡槽等城市输水道 11 条,总长 530 km ,其中 268.8 m 长的加尔河谷输水道架在 3 层叠合的连续拱券上,见图 1-7 所示。

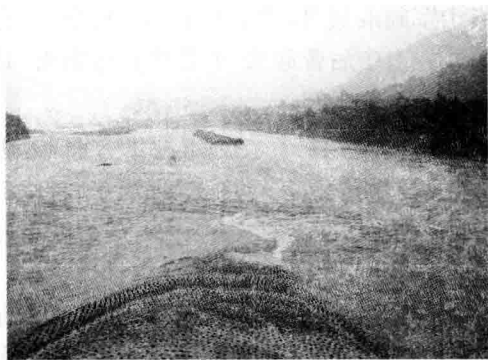


图 1-6 都江堰

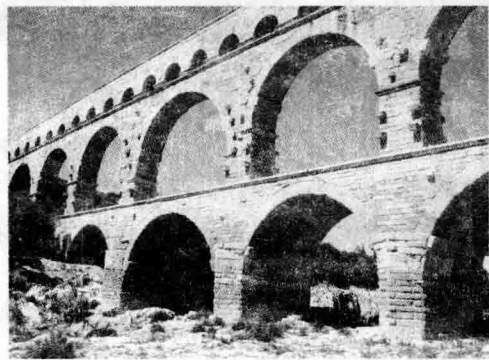


图 1-7 古罗马城市输水道

在道路方面,为了加强中央政府对地方的控制,公元前 214 年秦帝国建立后以咸阳为中心修筑了通向全国的驰道,主要线路宽 50 步,统一了车轨,形成全国规模的交通网;著名的有 9 条,包括出今淳化通九原长达 900 里(450 km)的直道(图 1-8a)和修建了许多著名栈道川陕大